执行功能在社会经济地位和学业成就间的中介作用：元分析结构方程模型

丁晓庆[1,2] 李姝辰[1,2] 张兴利[1,2] 施建农[1,2]
1 中国科学院心理研究所
2 中国科学院大学心理学系

摘 要 以 34 项实证研究（38 个独立样本）为对象，采用元分析结构方程模型，探讨了执行功能在家庭社会经济地位与学业成就间的中介作用。结果发现：（1）家庭社会经济地位既直接影响学业成就，也通过执行功能间接影响学业成就。部分中介模型成立；（2）被试年龄和性别的调节作用显著。

关键词 家庭社会经济地位；执行功能；学业成就；结构方程模型；元分析

1 引言

儿童和青少年的学业成就对个体发展十分重要。因为更高的学业成就意味着更高的大学入学率和成年后的生活质量。大量研究已经表明，家庭社会经济地位（socioeconomic status，简称 SES）是学业成就的重要预测因素之一(Sirin, 2005)。来自较低 SES 家庭背景的儿童，通常在学业成绩上表现更差，并且有更高的缺勤、辍学和不良行为发生的可能性(Bradly & Corwyn, 2002; Kim, Cho, & Kim, 2019; Liu, Peng, & Luo, 2019; Sirin, 2005)。这使得本就处于劣势地位的儿童处境进一步恶化。尽管教育实践者投入了大量的努力减少 SES 带来的学业成就差距，但是半个多世纪以来，这种差距仍然在持续(Eric A. Hanushek, 2019)。因此，揭示 SES 影响学业成就的作用机制，从而确立有效的干预手段，显得尤为重要。

不少研究已经发现，家庭社会经济地位可能通过作用于儿童的执行功能发展，进而影响学业成就(Albert et al., 2020; Dilworth-Bart, 2012; Lawson & Farah, 2017; Poon, Ho, & Chou, 2022)。然而，以往研究存在以下三个未被解决的问题：首先，虽然实证研究发现了执行功能可以解释社会经济地位带来的学业成就差距，但是这些研究仍存在不一致。执行功能是否在 SES 和学业成就之间起中介

作用，以及起到部分中介还是完全中介作用，尚不清楚。其次，以往的元分析虽然对三个变量之间的关系进行了探讨，但是以往的元分析均采用双变量模型，不能检验在三个变量同时纳入模型的情况下三者之间的关系。最后，实证研究结果的不一致可能是调节变量所导致，以往的研究由于未能检验调节效应分析，不能回答关系在何种条件下成立。

综上，一方面， SES 是否通过 EF 作用于学业成就，结论并不清晰，使得 SES 对学业成就的作用机制问题无法得到确切解答。另一方面，模糊的研究结果也使得政策制定者和相关从业者无法制定最有效的干预手段来阻断 SES-achievement gap。因此，本元分析综合了以往相关研究，并利用元分析结构方程模型的方法，在多变量模型中探讨家庭社会经济地位是否通过执行功能间接作用于学业成就以及潜在的调节变量。

1.1 执行功能的中介作用

1.1.1 家庭社会经济地位与执行功能

执行功能（Executive functions, 简称 EF）指的是以目标为导向的一系列自上而下的高级认知结构(A. Diamond, 2013)。目前研究者普遍认为 EF 包括三个相互联系但又相互独立的结构，即工作记忆、抑制控制和认知灵活性(Baggetta & Alexander, 2016; Miyake et al., 2000)。

儿童和青少年的 EF 及其相关脑区（前额叶）尚未成熟，仍处于不断发展的时期(John R. Best & Miller, 2010)。因此，EF 容易受到环境因素的影响，包括家庭社会经济地位(Kimberly G. Noble, McCandliss, & Farah, 2007)。大量实证研究探讨了 SES 与 EF 的关系，发现了较为一致的结论。SES 和执行功能的关系模式在不同发展水平的国家具有一致性(Haft & Hoeft, 2017a)。从婴儿期到成年早期，在不同年龄阶段的被试中均发现了 SES 影响 EF 的证据(Last, Lawson, Breiner, Steinberg, & Farah, 2018; Kimberly G. Noble et al., 2015)。相较于其他的认知能力，SES 对执行功能的影响更为突出(Farah et al., 2006; Kimberly G. Noble et al., 2007; K. G. Noble, Norman, & Farah, 2005)，并且具有开始时间早(Daneri et al., 2019; Hanson et al., 2013; Murphy, Zhang,

& Gatzke-Kopp, 2022; Xing, Liu, & Wang, 2019)，持续时间长(Moorman, Carr, & Greenfield, 2018)的特点。例如，Xing(2019)和 Danier(2019)均发现早在 4 岁时，来不自不同 SES 背景的儿童在抑制控制、工作记忆和认知灵活性的任务表现中有显著差异(Daneri et al., 2019; Xing et al., 2019)。此外，一些研究发现较低 SES 的 4 岁儿童的灰质体积也明显较小，特别是在与执行功能密切相关的额叶区(Hanson et al., 2013)。童年期的 SES 甚至可以预测老年时的执行功能表现(Moorman et al., 2018)。

较低的 SES 阻碍儿童 EF 的发展可能有诸多原因。SES 较低的家庭往往养育质量不佳，能够提供的认知刺激材料有限，环境较为单一(Daniel A. Hackman, Farah, & Meaney, 2010; D. A. Hackman, Gallop, Evans, & Farah, 2015; Haft & Hoeft, 2017b)。来自较低 SES 家庭的儿童也更容易暴露于经济压力、邻里暴力、拥挤和噪音，以及家庭混乱和不可预测等一系列压力源中(Merz, Wiltshire, & Noble, 2019)。以上因素都不利于 EF 的发展，进一步导致了不同 SES 家庭的儿童执行功能差距显著。

1.1.2 执行功能与学业成就

研究表明，从童年期到青春期，执行功能始终与学业成就显著相关(J. R. Best, Miller, & Naglieri, 2011)。纵向研究进一步表明，执行功能对学业成就的预测力随着时间持续(Ahmed, Tang, Waters, & Davis-Kean, 2018; Samuels, Tournaki, Blackman, & Zilinski, 2016)。在数学、阅读、科学、语言、社会科学等学科领域，更好的执行功能都意味着更好的学习成绩(J. R. Best et al., 2011; Latzman, Elkovitch, Young, & Clark, 2010; Samuels et al., 2016)。并且，这种关系模式在不同的文化背景下保持一致。例如，Thorell（2013）等人对瑞典，西班牙，伊朗和中国四个国家的 6-15 岁儿童的研究发现，尽管各国儿童的执行功能发展水平存在差异，但是均表现出 EF 与学业成就的显著相关(Thorell, Veleiro, Siu, & Mohammadi, 2013)。一项对中国和美国的跨文化研究也发现两国的学龄前儿童执行功能与学业成就的关系是类似的：更好的执行功能预测更好的学业任务表现(Lan, Legare, Ponitz, Li, & Morrison, 2011)。

一些研究者开展了执行功能的干预实验，进一步验证了执行功能与学业成就

的关系。例如，Dias（2016）等人在真实的教室背景下对一年级儿童开展了执行功能训练，结果发现干预组比对照组表现出执行功能的显著提高以及更好的算术、阅读成绩，即使在一年后的追踪调查中也发现了相对对照组更好的执行功能水平和 peer problems，prosocial behaviour 的改善(Dias & Seabra, 2016)。

童年时期良好的 EF 能够预测后来的学业成功，这可能通过两种途径发挥作用。一方面，EF 包含了储存和操纵信息、抑制无关信息以及转换策略的能力，这是完成学习任务所必需的(Cragg, Keeble, Richardson, Roome, & Gilmore, 2017; Magalhaes, Carneiro, Limpo, & Filipe, 2020)；另一方面，EF 有助于抑制干扰和分心，专注任务，养成良好的学习行为习惯，从而获得较好的学习效果(Blair & Peters Razza, 2007; Mulder, Verhagen, Van der Ven, Slot, & Leseman, 2017; Nesbitt, Farran, & Fuhs, 2015)。

1.1.3 家庭社会经济地位对学业成就的影响机制：执行功能的中介作用？

如上所述，更高的家庭社会经济地位可以有助于儿童执行功能的发展，而更好的执行功能又能够进一步促进学业任务表现，从而获得更高的学业成就。然而，较少有实证研究对三者之间的关系进行检验，为数不多的相关研究得出的结论并不完全一致。

一些研究者采用横断研究检验 EF、SES 和学业成就的关系。Dilworth（2012）等人对 49 名 54-66 个月的儿童研究发现 EF 在 SES 和数学成绩之间起部分中介作用(Dilworth-Bart, 2012)。同样地，Fitzpatrick（2014）对 36-71 个月的儿童的研究也发现了同样的结果，在控制了词汇能力之后，EF 部分中介了 SES 与数学成绩的关系(Fitzpatrick, McKinnon, Blair, & Willoughby, 2014)。在以葡萄牙、智利和拉丁裔美国儿童为被试的研究中，研究者也同样验证了 EF 的部分中介作用(Cadima, Gamelas, McClelland, & Peixoto, 2015; Escobar et al., 2018; Greenfader, 2019)。

然而，另一些研究者发现了不一致的结果。Bachman（2022）对 4 岁儿童研究发现 EF 完全中介了 SES 和数学成绩、空间能力与近似数量系统敏锐度的关系(Bachman et al., 2022)。另一项对 8 岁儿童的研究对中文、英语和数学成绩均

进行了考察，同样发现 EF 完全中介了 SES 和以上三门学科学业成绩的关系(Poon et al., 2022)。此外，Ellefson（2020）对 9-16 岁的中国香港和英国儿童进行的跨文化研究发现，只有在英国男孩样本中发现了 EF 对 SES 和计算能力的部分中介作用，但是在英国女孩和中国儿童中，EF 不起中介作用(Ellefson, Zachariou, Ng, Wang, & Hughes, 2020)。

纵向研究也提供了中介作用的证据。Merz（2014），Waters(2021)和 Barnes(2022)的研究共同表明，学龄前的 EF 在 SES 和学龄前与一年级的学业成绩间起部分中介作用(Barnes, Boedeker, Cartwright, & Zhang, 2022; Merz et al., 2014; Waters, Ahmed, Tang, Morrison, & Davis-Kean, 2021)。一些更大年龄跨度的研究也同样发现，在小学阶段，EF 对 SES 和数学、阅读成绩的部分中介作用仍然成立(Albert et al., 2020; Crook & Evans, 2014)。Lawson（2017）对 6-15 岁儿童的研究则发现，EF 在 SES 与两年后的数学成绩变化之间也起到部分中介作用。

然而，Nesbitt（2013）同时将 SES、种族、表达性词汇能力、EF 和学业成就纳入模型之后，SES 只通过 EF 间接作用于学业成就，并不直接影响学业成就(Nesbitt, Baker-Ward, & Willoughby, 2013)。类似地，一项对 0-18 岁儿童的纵向研究也发现，当在模型中加入性别，言语智力和课外活动等控制变量以后，SES 也只能通过 EF 间接作用于学业成就(Deer, Hastings, & Hostinar, 2020)。

综上，目前的实证研究大部分都认为 EF 在 SES 和学业成就之间起中介作用，但是结论并不完全一致。大部分研究者发现 EF 起部分中介作用，但仍有一些研究发现 EF 起完全中介作用甚至不起中介作用(Bachman et al., 2022; Deer et al., 2020; Ellefson et al., 2020; Poon et al., 2022)。因此，有必要用元分析对当前混杂的研究结果进行整合，得出一致的结论。本研究不仅纳入了当前的实证研究，还纳入了许多并没有检验中介模型的研究，基于庞大的样本量，能够得出更加准确的结论。

1.2 以往元分析的综述

迄今为止，一些研究者使用元分析探讨了 SES，EF 和学业成就两两之间的关系。但是，并没有在元分析中同时探讨三个变量的关系，因此无法检验 EF 在 SES

与学业成就间的中介作用。

三项元分析确立了 SES 和学业成就的显著相关在世界各国具有普遍性。Sirin（2005）基于来自 74 个独立样本的 101157 名学生的元分析发现 SES 与学业成就之间有中等较强的相关性(Sirin, 2005)。Kim(2019)和 Liu(2019)分别基于发展中国家和中国被试群体的元分析也同样发现了 SES 和学业成就的显著相关，只是相关程度有所减弱(Kim et al., 2019; Liu et al., 2019)。

对于 EF 对学业成就的预测作用，Pascual（2019）和 Spiegel（2021）都对小学阶段的儿童进行了关于 EF 和学业成就整体的元分析，一致发现二者具有中等程度的相关（r=0.365；r=0.33）(Cortes Pascual, Moyano, & Quilez Robres, 2019; Spiegel, Goodrich, Morris, Osborne, & Lonigan, 2021)。Allan(2014)用元分析对学龄前和幼儿园阶段的儿童检验了抑制控制和读写、数学成绩的关系(Allan, Hume, Allan, Farrington, & Lonigan, 2014)。Santana(2021)则对 5-8 岁儿童检验了认知灵活性和数学成绩的关系(Santana, Roazzi, & Nobre, 2022)。二者均发现相关关系成立。

对于 SES 与 EF 的关系，Lawson(2017)的元分析涉及了 2-18 岁的 8760 名儿童，发现 SES 与 EF 具有小到中等程度的相关（r=0.16-0.28）(Lawson, Hook, & Farah, 2018)。

1.3 潜在的调节变量

在以往的实证研究中，家庭社会经济地位、执行功能和学业成就的关系模式存在不一致性，这表明一些额外的因素可能会调节变量之间的关系。

1.3.1 年龄

一方面，执行功能在儿童和青少年时期不断发展。另一方面，随着年龄增长，儿童更多地接触学校与社会，与家庭的联系可能会逐渐减弱。这些因素都使得 SES、EF 和学业成就的关系模式可能会受到年龄的影响。一些元分析发现了年龄或年级的调节作用。例如，Spiegal（2021）发现工作记忆、抑制控制与学业成就的相关在小学后期大于小学前期(Spiegel et al., 2021)，然而 Santana(2022)

的元分析却发现，认知灵活性和数学成绩的关系在小学阶段随着年龄增长而变小(Santana et al., 2022)。此外，对于 SES 和学业成就的元分析，也发现了年龄或年级不同的调节作用。例如，Harwell(2017)发现相对于小学后期，小学前期 SES 和学业成就的关系更紧密(Harwell, Maeda, Bishop, & Xie, 2016)。但是 Kim(2018)却发现了相反的结果(Kim et al., 2019)。因此，关于年龄对 SES、EF 和学业成就关系的影响，过去的研究并未发现一致的结论，有必要在本研究中对其进行探讨。

1.3.2 性别

性别在以往相关研究中关注较少，已有的研究结果并不一致。例如，对于 SES 与 EF 的关系，一项双变量元分析发现，性别对 SES 与 EF 的关系不起调节作用(Lawson et al., 2018)。但是 Ellefson（2020）的研究发现，SES 与 EF 的显著相关只有在英国男孩中成立，在女孩中不成立(Ellefson et al., 2020)，表明性别是 SES 和 EF 关系的显著调节变量。因此，考虑到以往研究的不一致性，本研究也将性别作为调节变量进行分析。

1.3.3 研究设计

以往对 SES、EF 和学业成就的关系的探讨一部分采用横断研究设计，另一部分采用纵向设计。本元分析纳入的原始文献中有相当大一部分采用了纵向研究设计，因此，本研究单独基于纵向研究的文献进行元分析，以检验 SES，EF 对学业成就的影响是否随着时间持续存在。

综上所述，当前的元分析均采用传统的双变量元分析方法。首先，这种方法只能够回答 SES、EF 和学业成就三个变量中任意两个变量的关系，而无法同时将第三个变量纳入模型。因此，先前的元分析无法回答 EF 是否在 SES 和学业成就之间起中介作用的问题，也无法解决当前实证研究所存在的分歧。其次，尽管之前的元分析检验了原始文献存在的异质性，并使用调节分析解释两个变量相关关系的变异性，但是这些方法同样不能回答中介模型是否受到调节变量的影响。

因此，本研究采用最新的元分析结构方程模型方法整合以往的实证研究。这种方法能够用结构方程模型拟合元分析数据，在一个复杂模型中考察变量之间的关系，这是传统的双变量元分析所不能做到的。因此，元分析结构方程模型可以很好地回答 SES 是否通过 EF 间接作用于学业成就以及 EF 的中介作用大小。此外，本研究还进行了调节分析，检验 EF 的中介作用在不同情况下的变化。

本研究提出如下假设：（1）SES 正向预测 EF，EF 正向预测学业成就；（2）EF 在 SES 和学业成就之间起部分中介作用；（3）EF 的部分中介作用受到年龄和性别的调节作用。

2　方法

2.1 定义标准

社会经济地位：当前对社会经济地位的测量方式争议较少，普遍认为收入、受教育水平和职业是较为适宜的测量指标(Bradly & Corwyn, 2002; Ensminger & Fothergill, 2003)。本研究也采纳这一测量方式，将家庭收入、父母双方或任一方的受教育水平、父母双方或任一方的职业，以及以上指标的组合视为合格的社会经济地位测量方式。对于一些综合了其他指标来代表社会经济地位的研究，在大部分指标（>50%）合格的情况下，纳入元分析。

执行功能：本研究将抑制控制、工作记忆、认知灵活性以及以上指标的组合视为合格的执行功能测量方式。需要指出的是，由于执行功能的测量任务存在争议性，因此本研究将根据文献中对任务本身的描述确定其测量对象，并参考了 Diamond(2013)和 Spiegel(2021)提出的测量方法(A. Diamond, 2013; Spiegel et al., 2021)，而不是完全按照文献本身的描述。例如，本研究排除了延迟满足任务，向前的数字广度任务，并将头-脚-肩-膝任务定义为对抑制控制的测量。由于过去研究发现，基于行为表现的测量方式与父母或老师的报告之间相关性只有中等程度的相关（r=0.30），并且前者有更高的同时效度和预测效度，对学业成就的预测力更好(Soto et al., 2020)。同时考虑到基于他人报告的测量可能会混杂主观期望，并为了保证所纳入研究的可比性，本研究只将基于行为表现测量的执行功能纳入分析。

学业成就：对于学业成就目前还没有统一的定义、标准和测量手段，研究者

们使用标准化的心理学量表、教师评估、学校的学业水平考试、国家大型统一考试、大学升学率等方式评估学生的学业成就。由于不同年龄学生的学业发展目标不同，对于不同年龄阶段也存在着不同的学业成就测量指标也不同。因此，本研究不对学业成就进行严格定义，按照文献自身提出的定义和测量指标代表学业成就。

2.2 文献纳入与排除标准

纳入元分析的研究需要满足以下条件：（1）2022 年 8 月以前发表或未发表的实证研究；（2）被试年龄均在 18 岁以下；（3）典型发展样本，即被试无任何身体或精神障碍（如多动症）或特殊情况(如单亲)；（4）在同一篇研究中同时包含了三个变量。即，至少包含 SES 的一个衡量标准:收入、教育、职业或综合测量；至少包括一个基于行为表现的 EF 测量：抑制控制、工作记忆或认知灵活性；至少包含一个学业成就的衡量标准，如阅读或数学；（5）至少报告了两个效应量（积差相关系数），或提供了可以计算效应量的相关数据；（6）排除基于重复数据库的研究。

2.3 文献检索与筛选

本研究通过 Web of Science、psycINFO、ERIC、psycARTICLES、psychology and behavioral sciences collection 和 CNKI 六个数据库系统检索中英文文献，检索时间设定为 2022 年 8 月以前。对于英文数据库，检索式为*("socioeconomic status" OR SES OR "socio-economic status" OR "social status" OR income OR poverty OR disadvantaged OR "social class" OR education* OR occupation* OR economic OR "social inequality" OR "social gradient") AND ("executive function*" OR "executive control" OR "cognitive control" OR inhibition OR "inhibitory control" OR "working memory" OR "cognitive flexibility" OR "set shifting" OR "mental flexibility" OR "mental set shifting" OR “self regulation”) AND (academic OR achievement OR success OR performance)*。对于中文数据库，检索式为：*(执行功能+抑制+工作记忆+认知灵活性)和(学业+能力+发展+表现+成绩)和(社会经济地位+社会阶层+收入+教育+职业+贫困)*。执行功能与学业成就的关键词设置为标题检索。考虑

到家庭社会经济地位在研究中常常被作为控制变量，将社会经济地位的关键词设置为摘要检索，在摘要叙述模糊的情况下进行全文阅读，确定是否纳入该文献。未发表的学位论文也被纳入，以减少发表偏倚的影响。

基于上述文献检索规则，Web of Science 得到了 389 篇文献，psycINFO 得到了 387 篇文献，ERIC 得到了 159 篇文献，psychology and behavioral sciences collection 得到 65 篇文献，psycARTICLES 得到 22 篇文献，CNKI 得到 175 篇文献。此外，我们阅读了所有最终被纳入文献的参考文献列表，按照同样的筛选标准，得到了 10 篇文献。

在最初的检索之后，首先通过标题和摘要进行筛选，以排除不符合纳入标准的文献(例如，非实证研究，被试群体年龄范围不符，非典型发展样本，未同时包含三个变量，重复的研究)，得到 114 篇符合标准的文献。然后，对这些文献进行全文阅读，以确定是否提供了至少两个效应量或充分的统计数据以计算效应量。对于没有提供数据的文献，我们向通讯作者发送了电子邮件请求数据，但没有得到回复。最后，共有 34 项符合筛选标准的文献纳入元分析。35 篇文献中有 2 篇都包括 3 个独立样本研究，因此纳入元分析的独立样本研究数量为 38 个(Figure 1)。

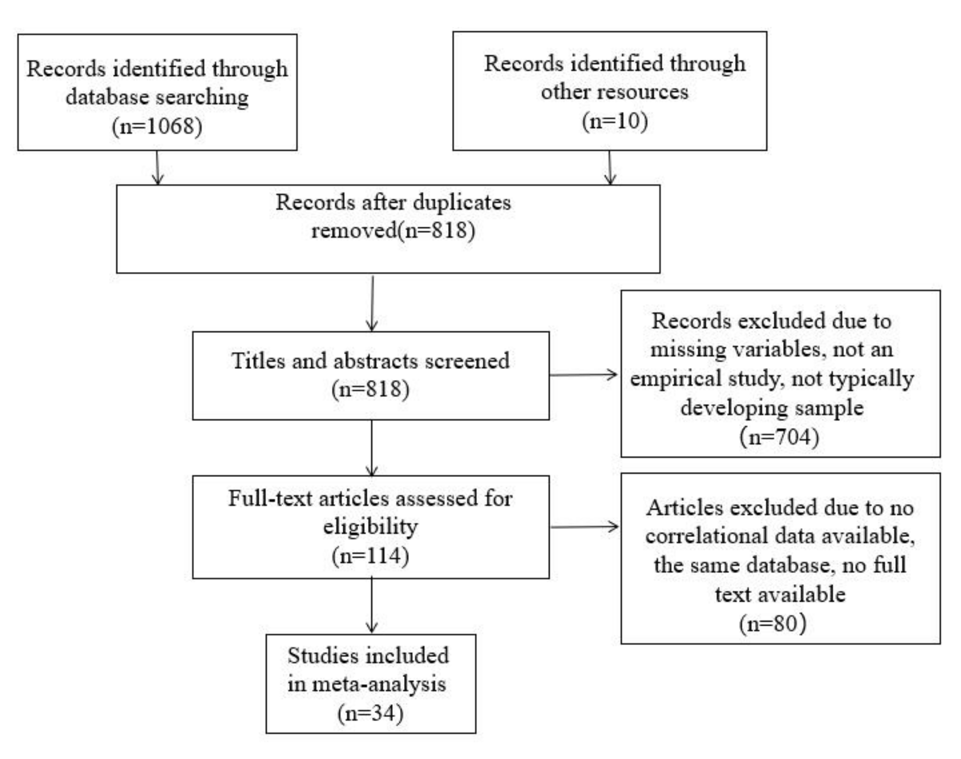


Figure 1 PRISMA flow used to identify studies for detailed analysis of socioeconomic status to academic achievement via executive functions.

2.4 文献特征编码

对所有收集到的研究进行特征编码，包括书目信息(标题、作者、出版年份、期刊名称)、样本特征(性别比例、年龄范围、国家)、研究设计(横断设计或纵向设计)、变量测量方式(包括社会经济地位、EF 和学业成就)和效应量。编码规则如下：(1)以独立样本为单位进行编码，即每个独立样本只产生一个效应值；(2)若一个研究中同时报告了多个独立样本，也分别进行多次编码。(3) 在纵向追踪研究中，同一样本存在多个不同测量时间点。此时，选择最近和较近的时间点测得的学业成就和执行功能计算效应量，以便更好地体现社会经济地位的长期影响。此外，在编码过程中，如果文献没有指出被试的年龄，则根据被试所在年级的平均年龄进行估计。

在对效应量进行编码时，若原始文献仅报告了社会经济地位、执行功能或学业成就的各个子维度的相关系数时，按照以下公式合成变量之间的相关系数(Hunter & Schmidt., 2004)：

$$r_{xy} = \frac{\sum r_{x_i} r_{y_j}}{\sqrt{n+n(n-1)\overline{r}_{x_i x_j}}\sqrt{m+m(m-1)\overline{r}_{y_i y_j}}}$$

当数据缺失不能应用上述公式时，对概念上等价的相关系数进行平均得到变量之间的相关系数(Geyskens, Krishnan, Steenkamp, & Cunha, 2008)。此外，原始文献中出现变量反向计分时，对相关系数进行反向编码，以保证所有文献得到的正相关均表示相同含义。

在编码前，首先制定本研究的编码规则、编码内容和注意事项。每项研究都由两名编码员进行独立编码。编码出现不一致时，通过讨论达成一致。第一作者最后审查了所有编码结果的准确性，并通过查阅全文解决分歧。

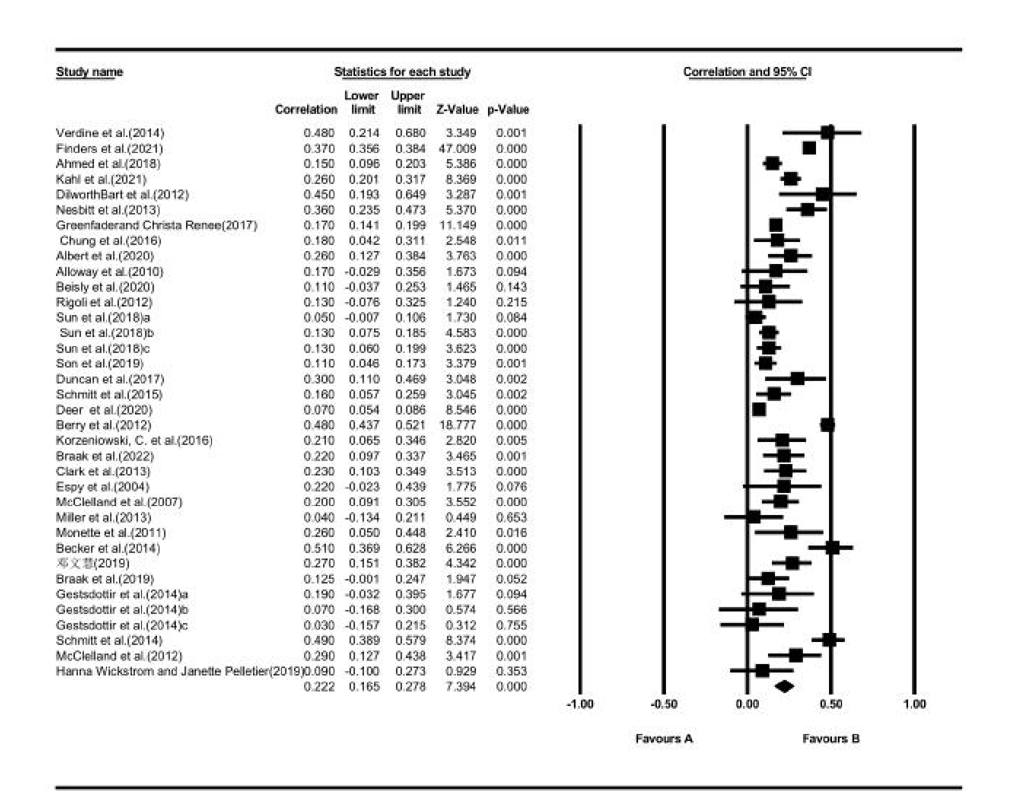
2.5 数据分析

出版偏倚指的是显著的结果更容易发表，因此，仅将已发表的文献纳入元分析可能会使得效应量被高估。本研究纳入的文献不仅包括已发表的期刊论文，也包括了未发表的学位论文，以减少出版偏倚的可能性。为保证元分析数据结果的可靠性，将利用漏斗图（Funnel Plot）和 Egger’s test 对出版偏倚进行检验。

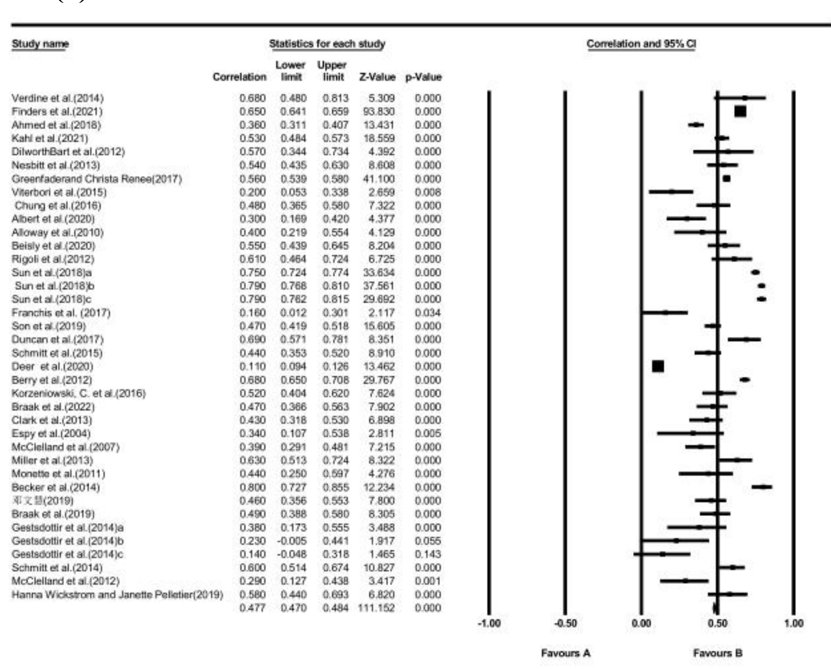
然后，本研究对三组相关系数的异质性分别进行了检验，当 Q 值显著或 I^2 大于 50%即表明存在异质性，有必要进行调节分析。

在确认数据的可靠性之后，本研究采用 Cheung(2021)设计的 webMASEM 来运行一阶元分析结构方程模型(Cheung, 2021)。元分析结构方程模型能够使用结构方程模型的方法去拟合元分析数据，使得对多变量复杂模型的检验成为可能。一阶元分析结构方程模型是目前最灵活的元分析结构方程模型方法，特别是对于调节分析而言。其显著优点在于可以对模型的异质性进行评估，并且可以直接分析连续型调节变量。一阶 MASEM 用全信息最大似然性处理缺失数据，采用随机效应模型合并相关矩阵，将合并后的相关矩阵拟合假设的结构方程模型模型。根据 Cheung（2021）的建议，在进行调节分析时，连续型调节变量（如年龄、性别比率）被标准化，分类型调节变量（如地区、测量方式、研究方法等）不进行标准化(Cheung, 2021)。

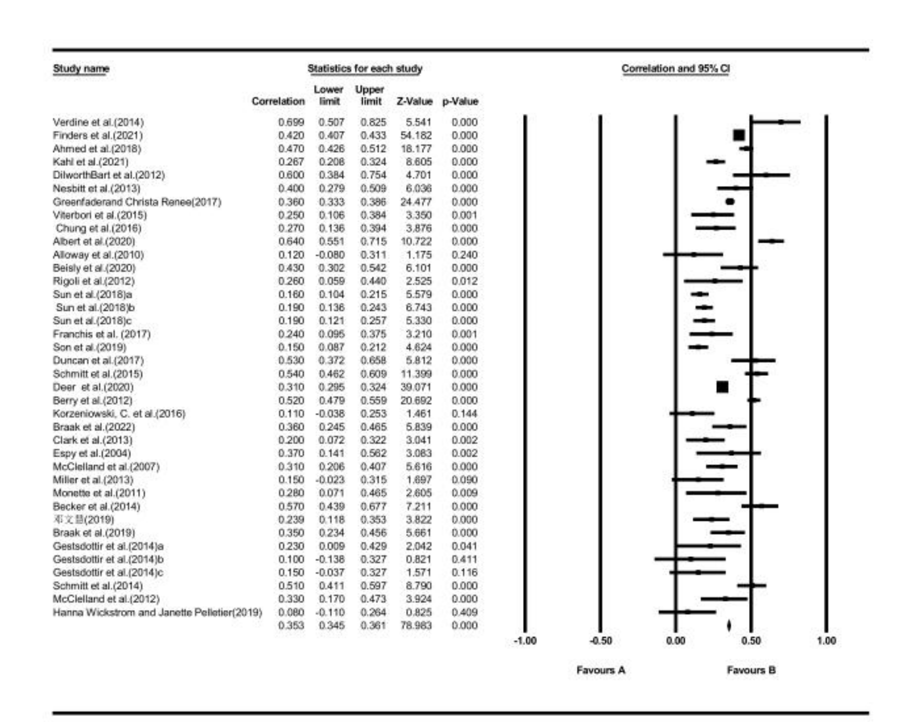
Path(a) Socioeconomic status > Executive functions



Path(b) Executive functions > Academic achievement



Path(c) Socioeconomic status > Academic achievement



Study name	Correlation	Lower limit	Upper limit	Z-Value	p-Value
Verdine et al.(2014)	0.699	0.507	0.825	5.541	0.000
Finders et al.(2021)	0.420	0.407	0.433	54.182	0.000
Ahmed et al.(2018)	0.470	0.426	0.512	18.177	0.000
Kahl et al.(2021)	0.267	0.208	0.324	8.605	0.000
DilworthBart et al.(2012)	0.600	0.384	0.754	4.701	0.000
Nesbitt et al.(2013)	0.400	0.279	0.509	6.036	0.000
Greenfaderand Christa Renee(2017)	0.360	0.333	0.386	24.477	0.000
Viterbori et al.(2015)	0.250	0.106	0.384	3.350	0.001
Chung et al.(2016)	0.270	0.136	0.394	3.876	0.000
Albert et al.(2020)	0.640	0.551	0.715	10.722	0.000
Alloway et al.(2010)	0.120	-0.080	0.311	1.175	0.240
Beisly et al.(2020)	0.430	0.302	0.542	6.101	0.000
Rigoli et al.(2012)	0.260	0.059	0.440	2.525	0.012
Sun et al.(2018)a	0.160	0.104	0.215	5.579	0.000
Sun et al.(2018)b	0.190	0.136	0.243	6.743	0.000
Sun et al.(2018)c	0.190	0.121	0.257	5.330	0.000
Franchis et al. (2017)	0.240	0.095	0.375	3.210	0.001
Son et al.(2019)	0.150	0.087	0.212	4.624	0.000
Duncan et al.(2017)	0.530	0.372	0.658	5.812	0.000
Schmitt et al.(2015)	0.540	0.462	0.609	11.399	0.000
Deer et al.(2020)	0.310	0.295	0.324	39.071	0.000
Berry et al.(2012)	0.520	0.479	0.559	20.692	0.000
Korzeniowski, C. et al.(2016)	0.110	-0.038	0.253	1.461	0.144
Braak et al.(2022)	0.360	0.245	0.465	5.839	0.000
Clark et al.(2013)	0.200	0.072	0.322	3.041	0.002
Espy et al.(2004)	0.370	0.141	0.562	3.083	0.002
McClelland et al.(2007)	0.310	0.206	0.407	5.616	0.000
Miller et al.(2013)	0.150	-0.023	0.315	1.697	0.090
Monette et al.(2011)	0.280	0.071	0.465	2.605	0.009
Becker et al.(2014)	0.570	0.439	0.677	7.211	0.000
邓文慧(2019)	0.239	0.118	0.353	3.822	0.000
Braak et al.(2019)	0.350	0.234	0.456	5.661	0.000
Gestsdottir et al.(2014)a	0.230	0.009	0.429	2.042	0.041
Gestsdottir et al.(2014)b	0.100	-0.138	0.327	0.821	0.411
Gestsdottir et al.(2014)c	0.150	-0.037	0.327	1.571	0.116
Schmitt et al.(2014)	0.510	0.411	0.597	8.790	0.000
McClelland et al.(2012)	0.330	0.170	0.473	3.924	0.000
Hanna Wickstrom and Janette Pelletier(2019)	0.080	-0.110	0.264	0.825	0.409
	0.353	0.345	0.361	78.983	0.000

Figure 2 Univariate meta- analyses and forest plots

3 结果

元分析共纳入发表于 2003 年至 2022 年 7 月的 34 篇研究，38 个独立样本，总样本量为 45916。被试量范围为 44 到 14860（中位数=201）。在社会经济地位、执行功能和学业成就测量时，被试的平均年龄分别为 5.5 岁、6.3 岁和 7.3 岁。

对三组效应量进行出版偏倚检验，结果发现漏斗图显示效应值集中于图形上方并较为均匀地分布在总效应值的两侧(见补充材料)，说明存在出版偏倚的可能性较小。进一步的 Egger’s test 结果发现，三组效应量的出版偏倚均不显著（EF-SES p=0.99；学业成就-EF p=0.41；学业成就-SES p=0.42），表明本元分析纳入的研究能够比较好地代表该领域的研究结果，并未出现对效应值的高估。

对三组效应量进行异质性检验发现异质性显著，表明很有可能受到调节变量的作用，有必要进行调节分析。三组效应量的异质性检验结果分别为：EF-SES= (Q statistic=1019.278 (df=35), p<.001， I^2=96.566%>50%），学业成就-EF= (Q statistic=4671.114 (df=37), p<.001， I^2=99.208%>50%)，学业成就-SES=(Q statistic=525.974 (df=37), p<.001， I^2=92.979%>50%）

中介效应分析结果显示，部分中介模型成立（Figure 3）。SES-EF（β=0.215，p<0.001）、EF-学业成就（β=0.439，p<0.001）、SES-学业成就（β=0.227，p<0.001）

三条路径均显著。进一步检验间接效应发现，SES-EF-学业成就的间接效应显著为 0.094[95%CI 0.074,0.117],即 EF 的中介作用在 SES 和学业成就的关系中解释量达到 29.2%。在纵向研究子样本中进行检验同样发现，部分中介模型成立。SES-EF（β=0.22，p<0.001）、EF-学业成就（β=0.34，p<0.001）、SES-学业成就（β=0.27，p<0.001）三条路径均显著。进一步检验间接效应发现，SES-EF-学业成就的间接效应显著为 0.074[95%CI 0.053,0.100],即 EF 的中介作用在 SES 和学业成就的关系中解释量达到 21.5%。

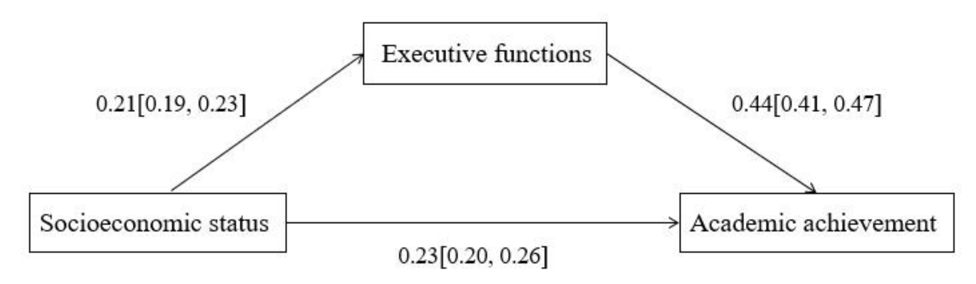


Figure 3 One- stage meta- SEM model of the total, direct, and indirect effects (95% CIs in square brackets).

分别对调节变量进行调节分析发现， SES 测量时年龄（Chi2(3) = 2.572, p = 0.462）、EF 测量时年龄（Chi2(3) = 4.52, p = 0.211）的调节效应均不显著。学业成就测量时年龄的调节效应显著（Chi2(3) = 12.701, p = 0.005）,EF-学业成就路径受到学业成就测量时年龄的调节作用，当年龄为平均值(M=7.35)，效应量为 0.443,随着年龄增长,每增长一个标准差(SD=3.36),效应量即降低 0.059。性别比例的调节作用显著（Chi2(3)=10.623，p=0.014）。EF-SES 路径受到性别比例的调节作用，随着样本中男生比例每增长一个标准差（SD=0.04)，效应量即降低 0.093(Table 1)。

	SES-EF	Academic achievement-EF	SES-Academic achievement	Omnibus Test $\chi2$(df)	Omnibus Test *p*-Value
Intercept Estimate	0.209(0.021)***	0.447(0.030)***	0.222(0.256)***		
Male percentage	-0.059(0.024)	-0.023(0.032)	-0.022(0.027)	10.623(3)	.014
Child age at SES assessment	-0.016(0.020)	-0.018(0.030)	-0.018(0.025)	2.572(3)	.462
Child age at EF assessment	-0.023(0.019)	-0.051(0.029)	0.017(0.025)	4.52(3)	.211
Child age at academic achievement assessment	-0.022(0.019)	-0.093(0.026)**	0.031(0.024)	12.701(3)	.005**

Table 1 Results for the categorical and continuous moderators through OSMASEM. The numbers in the parenthesis represent standard error. * $p < .05$. **$p<0.01$.*** $p<0.001$.

4 讨论

本研究利用元分析结构方程模型，汇总了 35 个研究，39 个独立样本的数据，首次在多变量模型中检验了 SES、EF 和学业成就之间的关系。结果发现 EF 在 SES 与学业成就间起部分中介作用，而不是完全中介左右。执行功能解释了 29.2%的由 SES 引起的学业成就差距。对纵向研究子样本的分析进一步证实了执行功能的部分中介作用。调节分析进一步发现，SES、EF 和学业成就的关系强度受到年龄和性别的调节作用。本研究厘清了 SES、EF 和学业成就的关系，

本研究的结果证实了假设 1。本研究发现，在同时纳入 SES，EF 和学业成就的多变量模型中，SES 与 EF 相关显著。这与以往的双变量元分析(Lawson et al., 2018)和大量的实证研究结果(D. A. Hackman et al., 2015; Last et al., 2018; Sarsour et al., 2011)相一致，表明相对于来自较低 SES 的儿童，来自较高 SES 家庭的儿童倾向于有更好的 EF 表现。同时，EF 与学业成就的关系显著，即使是在同时考察 SES 对学业成就影响的情况下。这也进一步验证了以往的元分析(Allan et al., 2014; Cortes Pascual et al., 2019; Santana et al., 2022; Spiegel et al., 2021)和实证研究结果 (J. R. Best et al., 2011; Clark, Pritchard, & Woodward, 2010; St Clair-Thompson & Gathercole, 2006)，表明较高的 EF 水平往往伴随着较好的学业成绩。本研究采用元分析结构方程模型，在以往的双变量模型之上更进一步地证实了 SES、EF 和学业成就的关系模式。

本研究的结果证实了假设 2。EF 在 SES 和学业成就之间起部分中介作用，而不是完全中介作用。并且，这种部分中介作用在纵向研究子样本中仍然成立，表明 EF 的部分中介作用能够随着时间推移持续存在。这与以往大部分横断和纵向研究的结果相一致(Albert et al., 2020; Dilworth-Bart, 2012)。如前所述，SES 可以通过影响教养方式的质量、资源丰富性和压力影响 EF 发展，而 EF 不仅直接参与学业任务的完成，还通过影响学习习惯间接影响学习效果。因此，SES 可以通过 EF 间接作用于儿童学业成就。纵向研究子样本的数据进一步表明，这种间接作用能够持续一段时间。本研究发现了部分中介作用而不是完全中介作用，这表明即使在 EF 得到控制之后，SES 对学业成就的影响仍然显著。这进一步强调

了 SES 对儿童学业成就的重要性。此外，EF 的中介作用虽然显著，但是只能解释 SES-学业成就关系的 29.5%。这可能意味着 SES 与学业成就的关系不仅可以由 EF 来解释，还可以由其他未纳入本研究的因素解释。例如，Tazouti（2016）等人发现 SES 通过作用于父母的自我效能感和父母参与度间接影响儿童学业成就(Tazouti & Jarlégan, 2016)。Coley（2020）则表明 SES 可以家庭投资（如基于家庭阅读的学习活动、看电视/视频的时间、户外丰富活动以及营地/儿童保育时间）间接影响儿童的阅读、数学和科学学业成就(Coley, Kruzik, & Votruba-Drzal, 2020)。因此，对于 SES 和学业成就关系的作用机制问题，仍需要进一步探索其他可能的中介因素以及中介因素之间的相互作用。

调节分析的结果证实了假设 3，年龄和性别是显著的调节变量。对于年龄，随着年龄增长，EF 与学业成就的关系强度减弱，这进一步验证了之前的双变量元分析结果(Santana et al., 2022)。这或许可以用双重加工理论来解释，随着年龄增长，对特定学科的知识掌握得越来越熟练，这使得学业成就更加依赖于对已学知识和规则的积累和复述，相对地更少依赖执行功能进行自上而下的控制(A. Diamond, 2013)。特别是对于语言相关的学业领域，如阅读和读写，其认知过程随着时间的推移越来越自动化(Blair & Peters Razza, 2007)。考虑到本研究纳入的文献中，大部分的文献对学业成就的测量都包括了阅读，这可能可以部分解释年龄为何显著调节了执行功能和学业成就的关系。需要指出的是，由于本研究纳入的被试年龄范围较大（4-18 岁），虽然较大的年龄范围可以体现社会经济地位、执行功能和学业成就关系在发展中的全貌，但也有可能模糊了发展中的关键时期。例如，Best(2011)对 5-17 岁的被试群体的研究发现，执行功能和学业成就的关系并非线性发展，而是波动和变化的，在 6 岁和 8-9 岁时二者相关强度达到峰值，而在 9 岁以后，二者相关减弱并保持稳定(J. R. Best et al., 2011)。Spiegal（2021）的元分析也发现，EF 与学业成就的关系在小学阶段有逐渐增强的趋势(Spiegel et al., 2021)。因此，执行功能和学业成就二者的关系模式比较复杂，未来的研究需要在一个更狭窄的年龄段进一步探索二者在发展中的关系模式。

对于性别，本研究发现随着被试群体中男生比例提高，SES 与 EF 的关系强度减弱。结果支持了(Ellefson et al., 2020)，而与之前的双变量元分析结果

不一致(Lawson et al., 2018)。这可能是由于在儿童和青少年时期，执行功能有关脑区（前额叶皮层）的发育进程及脑区内相关的神经递质存在着性别差异(Grissom & Reyes, 2019)。这使得相对于女性，男性的执行功能发展可能更容易受到早期生活逆境的不利影响(Grissom & Reyes, 2019)。但是，需要指出的是，正如Ellefson（2020）所言，对于性别在SES和EF关系中的调节作用，当前不一致的研究所纳入的被试群体来自不同国家。这或许意味着地域在SES和EF的关系中也是一个需要考虑的影响因素(Ellefson et al., 2020)。但是，鉴于对EF的性别差异的研究相对较少，未来还需要更多的研究才能得到确切的结论。

最后，考虑到执行功能的可塑性(A. Diamond, 2013)，本研究的研究结果无疑是一个好消息，这表明执行功能的干预项目可能会有利于缩小社会经济地位带来的学业成就差距（SES-achievement gap）。特别是有研究发现贫困儿童从EF训练中获益更多(Blair & Raver, 2014; Weiland & Yoshikawa, 2013)，这一可能性更加地令人振奋。年龄的调节作用也表明对执行功能的训练可能在儿童早期开始更好，因为在这一时期执行功能与学业成就的关系更加紧密。目前已经有了一些旨在通过提高执行功能来提升学业能力的训练项目(Bierman, Nix, Greenberg, Blair, & Domitrovich, 2008; Adele Diamond, Barnett, Thomas, & Munro, 2007; Raver et al., 2011)，如思维工具（The Tools of the Mind）、开端计划（the Head Start REDI program）、芝加哥入学准备项目（the Chicago School Readiness Project），其主要对象为学龄前和幼儿园阶段的儿童。一些干预研究也得到了良好的效果。例如Bierman(2008）等人对学龄前儿童进行了执行功能训练，结果发现训练组儿童的执行功能和读写能力显著提高，并且执行功能任务的改善对读写能力的收益起到中介作用(Bierman et al., 2008)。Blair(2014）等人对幼儿园儿童进行的EF干预训练也取得了良好的效果，并且干预组在阅读、词汇和数学方面的进步持续到了一年级(Blair & Raver, 2014)。但是需要指出的是，目前的干预研究结果是混杂的，许多的干预研究并没有发现执行功能的显著提高和对学业成就的远迁移(Blair, 2016)，这需要未来的研究者们进一步探讨最合适的干预手段、频率、时机和训练量，以及适合的人群。

本研究主要有四点局限性。首先，由于研究方法的限制，本研究的结论主要

是相关性的，不能严格地进行因果推论。目前大部分的研究也都是基于相关性做出的，未来的研究可以更多地运用纵向研究、交叉滞后设计和随机对照实验去确定因果关系。其次，执行功能只是社会经济地位与学业成就之间的一个中介因素，社会经济地位也会通过养育、家庭环境、压力等因素间接作用于儿童的学业成就，并且这些因素彼此之间也可以相互作用。社会经济地位与学业成就之间的作用机制十分复杂，还需要继续运用先进的研究方法去发现关键的中介因素和调节因素，以及这些因素彼此之间的联系。最后，由于纳入文献数据的限制，本研究只能使用性别比例作为连续调节变量来评估性别对模型参数的调节，而无法分别评估男孩和女孩群体的模型参数。未来的研究可以分别在男孩和女孩样本中进一步探索本研究所发现的关系模式是否成立。因此，本研究未能准确探索 SES，EF 和学业成就的结构性关系是否在男孩和女孩群体中保持不变。最后，虽然当前的元分析纳入了几项东亚样本的研究，但是大多数研究都是在西方和城市的背景下进行的。因此，本研究结果不能推广到所有文化背景中去。未来的研究需要在更多样化的文化和地域背景下探讨 SES,EF 和学业成就的关系模式。（局限还可以加，关于出版偏倚和文献质量评估，参见 2016Peng_A Meta-Analysis of Mathematics and Working Memory:Moderating Effects of Working Memory Domain,Type of Mathematics Skill,and Sample Characteristics）

5 结论

本研究利用元分析结构方程模型，对 35 项研究的数据进行综合，较为可靠地得到 SES，EF 和学业成就的关系。EF 在 SES 和学业成就之间起部分中介作用。年龄和性别调节 SES，EF 和学业成就的关系强度。本研究结果在以往实证研究的基础上进一步厘清了 SES 对学业成就的作用机制。同时，本研究强调了 EF 在弥补 SES-achievement gap 的重要意义。这提醒父母和教育实践者重视儿童 EF 的培养。

Ahmed, S. F., Tang, S., Waters, N. E., & Davis-Kean, P. (2018). Executive Function and Academic Achievement: Longitudinal Relations From Early Childhood to Adolescence. *Journal of Educational Psychology, 111*(3), 446-458. doi:10.1037/edu0000296

Albert, W. D., Hanson, J. L., Skinner, A. T., Dodge, K. A., Steinberg, L., Deater-Deckard, K., . . .

Lansford, J. E. (2020). Individual differences in executive function partially explain the socioeconomic gradient in middle-school academic achievement. *23*(5), e12937. doi:https://doi.org/10.1111/desc.12937

Allan, N. P., Hume, L. E., Allan, D. M., Farrington, A. L., & Lonigan, C. J. (2014). Relations between inhibitory control and the development of academic skills in preschool and kindergarten: a meta-analysis. *Dev Psychol, 50*(10), 2368-2379. doi:10.1037/a0037493

Bachman, H. J., Miller, P., Elliott, L., Duong, S., Libertus, M., & Votruba-Drzal, E. (2022). Associations among socioeconomic status and preschool-aged children?s, number skills, and spatial skills: The role of executive function. *Journal of Experimental Child Psychology, 221*. doi:10.1016/j.jecp.2022.105453

Baggetta, P., & Alexander, P. A. (2016). Conceptualization and Operationalization of Executive Function. *Mind Brain and Education, 10*(1), 10-33. doi:10.1111/mbe.12100

Barnes, Z. T., Boedeker, P., Cartwright, K. B., & Zhang, B. (2022). Socioeconomic status and early reading achievement: How working memory and cognitive flexibility mediate the relation in low-achieving and typically developing K to first grade students. *Journal of Research in Reading*. doi:10.1111/1467-9817.12398

Best, J. R., & Miller, P. H. (2010). A developmental perspective on executive function. *Child Development, 81*(6), 1641–1660.

Best, J. R., Miller, P. H., & Naglieri, J. A. (2011). Relations between Executive Function and Academic Achievement from Ages 5 to 17 in a Large, Representative National Sample. *Learn Individ Differ, 21*(4), 327-336. doi:10.1016/j.lindif.2011.01.007

Bierman, K. L., Nix, R. L., Greenberg, M. T., Blair, C., & Domitrovich, C. E. (2008). Executive functions and school readiness intervention: Impact, moderation, and mediation in the Head Start REDI program. *Development and Psychopathology, 20*(3), 821-843. doi:10.1017/s0954579408000394

Blair, C. (2016). Executive function and early childhood education. *Current Opinion in Behavioral Sciences, 10*, 102-107. doi:10.1016/j.cobeha.2016.05.009

Blair, C., & Peters Razza, R. (2007). Relating effortful control, executive function, and false belief understanding to emerging math and literacy ability in kindergarten. *Child Development, 78*(2), 647-663. doi:10.1111/j.1467-8624.2007.01019.x

Blair, C., & Raver, C. C. (2014). Closing the Achievement Gap through Modification of Neurocognitive and Neuroendocrine Function: Results from a Cluster Randomized Controlled Trial of an Innovative Approach to the Education of Children in Kindergarten. *Plos One, 9*(11). doi:10.1371/journal.pone.0112393

Bradly, & Corwyn. (2002). Socioeconomic status and child development.

Cadima, J., Gamelas, A. M., McClelland, M., & Peixoto, C. (2015). Associations Between Early Family Risk, Children's Behavioral Regulation, and Academic Achievement in Portugal. *Early Education and Development, 26*(5-6), 708-728. doi:10.1080/10409289.2015.1005729

Cheung, S. J. H. L. L. K. H. d. J. M. W.-L. (2021). Meta‐analytic structural equation modeling made easy: A tutorial and web application for one-stage MASEM. *Research Synthesis Methods, 12*(5), 590-606. doi:https://doi.org/10.1002/

Clark, C. A. C., Pritchard, V. E., & Woodward, L. J. (2010). Preschool Executive Functioning Abilities Predict Early Mathematics Achievement. *Developmental Psychology, 46*(5), 1176-1191. doi:10.1037/a0019672

Coley, R. L., Kruzik, C., & Votruba-Drzal, E. (2020). Do family investments explain growing socioeconomic disparities in children's reading, math, and science achievement during school versus summer months? *Journal of Educational Psychology, 112*(6), 1183-1196. doi:10.1037/edu0000427

Cortes Pascual, A., Moyano, N., & Quilez Robres, A. (2019). The Relationship Between Executive Functions and Academic Performance in Primary Education: Review and Meta-Analysis. *Frontiers in Psychology, 10*. doi:10.3389/fpsyg.2019.01582

Cragg, L., Keeble, S., Richardson, S., Roome, H. E., & Gilmore, C. (2017). Direct and indirect influences of executive functions achievement. *Cognition, 162*, 12-26. doi:10.1016/j.cognition.2017.01.014

Crook, S. R., & Evans, G. W. (2014). The Role of Planning Skills in the Income-Achievement Gap. *Child Development, 85*(2), 405-411. doi:10.1111/cdev.12129

Daneri, M. P., Blair, C., Kuhn, L. J., Vernon-Feagans, L., Greenberg, M., Cox, M., . . . Investigators, F. L. P. K. (2019). Maternal Language and Child Vocabulary Mediate Relations Between Socioeconomic Status and Executive Function During Early Childhood. *Child Development, 90*(6), 2001-2018. doi:10.1111/cdev.13065

Deer, L. K., Hastings, P. D., & Hostinar, C. E. (2020). The Role of Childhood Executive Function in Explaining Income Disparities in Long-Term Academic Achievement. *91*(5), e1046-e1063. doi:https://doi.org/10.1111/cdev.13383

Diamond, A. (2013). Executive functions. *Annu Rev Psychol, 64*, 135-168. doi:10.1146/annurev-psych-113011-143750

Diamond, A., Barnett, W. S., Thomas, J., & Munro, S. (2007). Preschool Program Improves Cognitive Control. *Science, 318*, 1387–1388.

Dias, N. M., & Seabra, A. G. (2016). Intervention for executive functions development in early elementary school children: effects on learning and behaviour, and follow-up maintenance. *Educational Psychology, 37*(4), 468-486. doi:10.1080/01443410.2016.1214686

Dilworth-Bart, J. E. (2012). Does executive function mediate SES and home quality associations with academic readiness? *Early Childhood Research Quarterly, 27*(3), 416-425. doi:https://doi.org/10.1016/j.ecresq.2012.02.002

Ellefson, M. R., Zachariou, A., Ng, F. F.-Y., Wang, Q., & Hughes, C. (2020). Do executive functions mediate the link between socioeconomic status and numeracy skills? A cross-site comparison of Hong Kong and the United Kingdom. *Journal of Experimental Child Psychology, 194*, 104734. doi:https://doi.org/10.1016/j.jecp.2019.104734

Ensminger, M. E., & Fothergill, K. E. (2003). *A decade of measuring SES: What it tells us and where to go from here.*

Eric A. Hanushek, P. E. P., Laura M. Talpey and Ludger Woessmann. (2019). The Achievement Gap Fails to Close: Half century of testing shows persistent divide between haves and have-nots.

Escobar, J.-P., Rosas-Diaz, R., Ceric, F., Aparicio, A., Arango, P., Arroyo, R., . . . Urzua, D. (2018). The role of executive functions in the relation between socioeconomic level and the development of reading and maths skills. *Cultura Y Educacion, 30*(2), 368-392. doi:10.1080/11356405.2018.1462903

Farah, M. J., Shera, D. M., Savage, J. H., Betancourt, L., Giannetta, J. M., Brodsky, N. L., . . . Hurt, H. (2006). Childhood poverty: Specific associations with neurocognitive development. *Brain Research, 1110*, 166-174. doi:10.1016/j.brainres.2006.06.072

Fitzpatrick, C., McKinnon, R. D., Blair, C. B., & Willoughby, M. T. (2014). Do preschool executive function skills explain the school readiness gap between advantaged and disadvantaged children? *Learning and Instruction, 30*, 25-31. doi:https://doi.org/10.1016/j.learninstruc.2013.11.003

Geyskens, I., Krishnan, R., Steenkamp, J.-B. E. M., & Cunha, P. V. (2008). A Review and Evaluation of Meta-Analysis Practices in Management Research. *Journal of Management, 35*(2), 393-419. doi:10.1177/0149206308328501

Greenfader, C. M. (2019). What is the role of executive function in the school readiness of Latino students? *Early Childhood Research Quarterly, 49*, 93-108. doi:https://doi.org/10.1016/j.ecresq.2019.02.011

Grissom, N. M., & Reyes, T. M. (2019). Let's call the whole thing off: evaluating gender and sex differences in executive function. *Neuropsychopharmacology, 44*(1), 86-96. doi:10.1038/s41386-018-0179-5

Hackman, D. A., Farah, M. J., & Meaney, M. J. (2010). Socioeconomic status and the brain: mechanistic insights from human and animal research. *Nature Reviews Neuroscience, 11*(9), 651-659. doi:10.1038/nrn2897

Hackman, D. A., Gallop, R., Evans, G. W., & Farah, M. J. (2015). Socioeconomic status and executive function: developmental trajectories and mediation. *Dev Sci, 18*(5), 686-702. doi:10.1111/desc.12246

Haft, S. L., & Hoeft, F. (2017a). Poverty's Impact on Children's Executive Functions: Global Considerations. *2017*(158), 69-79. doi:https://doi.org/10.1002/cad.20220

Haft, S. L., & Hoeft, F. (2017b). Poverty's Impact on Children's Executive Functions: Global Considerations. *Global Approaches to Early Learning Research and Practice, 158*, 69-79. doi:10.1002/cad.20220

Hanson, J. L., Hair, N., Shen, D. G., Shi, F., Gilmore, J. H., Wolfe, B. L., & Pollak, S. D. (2013). Family poverty affects the rate of human infant brain growth. *Plos One, 8*(12), e80954. doi:10.1371/journal.pone.0080954

Harwell, M., Maeda, Y., Bishop, K., & Xie, A. (2016). The Surprisingly Modest Relationship Between SES and Educational Achievement. *The Journal of Experimental Education, 85*(2), 197-214. doi:10.1080/00220973.2015.1123668

Hunter, J. E., & Schmidt., F. L. (2004). *Methods of meta-analysis:correcting error and bias in research findings*: SAGE Publications.

Kim, S. w., Cho, H., & Kim, L. Y. (2019). Socioeconomic Status and Academic Outcomes in Developing Countries: A Meta-Analysis. *Review of Educational Research, 89*(6), 875-916. doi:10.3102/0034654319877155

Lan, X., Legare, C. H., Ponitz, C. C., Li, S., & Morrison, F. J. (2011). Investigating the links between the subcomponents of executive function and academic achievement: A cross-cultural analysis of Chinese and American preschoolers. *Journal of Experimental Child Psychology, 108*(3), 677-692. doi:10.1016/j.jecp.2010.11.001

Last, B. S., Lawson, G. M., Breiner, K., Steinberg, L., & Farah, M. J. (2018). Childhood socioeconomic status and executive function in childhood and beyond. *Plos One, 13*(8). doi:10.1371/journal.pone.0202964

Latzman, R. D., Elkovitch, N., Young, J., & Clark, L. A. (2010). The contribution of executive functioning to academic achievement among male adolescents. *J Clin Exp Neuropsychol,*

32(5), 455-462. doi:10.1080/13803390903164363

Lawson, G. M., & Farah, M. J. (2017). Executive function as a mediator between SES and academic achievement throughout childhood. *International Journal of Behavioral Development, 41*(1), 94-104. doi:10.1177/0165025415603489

Lawson, G. M., Hook, C. J., & Farah, M. J. (2018). A meta-analysis of the relationship between socioeconomic status and executive function performance among children. *21*(2), e12529. doi:https://doi.org/10.1111/desc.12529

Liu, J., Peng, P., & Luo, L. (2019). The Relation Between Family Socioeconomic Status and Academic Achievement in China: A Meta-analysis. *Educational Psychology Review, 32*(1), 49-76. doi:10.1007/s10648-019-09494-0

Magalhaes, S., Carneiro, L., Limpo, T., & Filipe, M. (2020). Executive functions predict literacy and mathematics achievements: The unique contribution of cognitive flexibility in grades 2, 4, and 6. *Child Neuropsychology, 26*(7), 934-952. doi:10.1080/09297049.2020.1740188

Merz, E. C., Landry, S. H., Williams, J. M., Barnes, M. A., Eisenberg, N., Spinrad, T. L., . . . Sch Readiness Res, C. (2014). Associations among parental education, home environment quality, effortful control, and preacademic knowledge. *Journal of Applied Developmental Psychology, 35*(4), 304-315. doi:10.1016/j.appdev.2014.04.002

Merz, E. C., Wiltshire, C. A., & Noble, K. G. (2019). Socioeconomic Inequality and the Developing Brain: Spotlight on Language and Executive Function. *Child Development Perspectives, 13*(1), 15-20. doi:10.1111/cdep.12305

Miyake, A., Friedman, N. P., Emerson, M. J., Witzki, A. H., Howerter, A., & Wager, T. D. (2000). The unity and diversity of executive functions and their contributions to complex "Frontal Lobe" tasks: a latent variable analysis. *Cogn Psychol, 41*(1), 49-100. doi:10.1006/cogp.1999.0734

Moorman, S. M., Carr, K., & Greenfield, E. A. (2018). Childhood socioeconomic status and genetic risk for poorer cognition in later life. *Social Science & Medicine, 212*, 219-226. doi:10.1016/j.socscimed.2018.07.025

Mulder, H., Verhagen, J., Van der Ven, S. H. G., Slot, P. L., & Leseman, P. P. M. (2017). Early Executive Function at Age Two Predicts Emergent Mathematics and Literacy at Age Five. *Frontiers in Psychology, 8*. doi:10.3389/fpsyg.2017.01706

Murphy, Y. E., Zhang, X., & Gatzke-Kopp, L. (2022). Early executive and school functioning: Protective roles of home environment by income. *Journal of Applied Developmental Psychology, 78*. doi:10.1016/j.appdev.2021.101369

Nesbitt, K. T., Baker-Ward, L., & Willoughby, M. T. (2013). Executive function mediates socio-economic and racial differences in early academic achievement. *Early Childhood Research Quarterly, 28*(4), 774-783. doi:https://doi.org/10.1016/j.ecresq.2013.07.005

Nesbitt, K. T., Farran, D. C., & Fuhs, M. W. (2015). Executive Function Skills and Academic Achievement Gains in Prekindergarten: Contributions of Learning-Related Behaviors. *Developmental Psychology, 51*(7), 865-878. doi:10.1037/dev0000021

Noble, K. G., Houston, S. M., Brito, N. H., Bartsch, H., Kan, E., Kuperman, J. M., . . . Sowell, E. R. (2015). Family income, parental education and brain structure in children and adolescents. *Nature Neuroscience, 18*(5), 773-+. doi:10.1038/nn.3983

Noble, K. G., McCandliss, B. D., & Farah, M. J. (2007). Socioeconomic gradients predict individual differences in neurocognitive abilities. *Developmental Science, 10*(4), 464-480. doi:10.1111/j.1467-7687.2007.00600.x

Noble, K. G., Norman, M. F., & Farah, M. J. (2005). Neurocognitive correlates of socioeconomic status in kindergarten children. *Developmental Science, 8*(1), 74-87. doi:10.1111/j.1467-7687.2005.00394.x

Poon, K., Ho, M. S. H., & Chou, K. L. (2022). Executive functions as mediators between socioeconomic status and academic performance in Chinese school-aged children. *Heliyon, 8*(10), e11121. doi:10.1016/j.heliyon.2022.e11121

Raver, C. C., Jones, S. M., Li-Grining, C., Zhai, F., Bub, K., & Pressler, E. (2011). CSRP's Impact on Low-Income Preschoolers' Preacademic Skills: Self-Regulation as a Mediating Mechanism. *Child Development, 82*(1), 362-378.

Samuels, W. E., Tournaki, N., Blackman, S., & Zilinski, C. (2016). Executive functioning predicts academic achievement in middle school: A four-year longitudinal study. *Journal of Educational Research, 109*(5), 478-490. doi:10.1080/00220671.2014.979913

Santana, A. N., Roazzi, A., & Nobre, A. (2022). The relationship between cognitive flexibility and mathematical performance in children: A meta-analysis. *Trends Neurosci Educ, 28*, 100179. doi:10.1016/j.tine.2022.100179

Sarsour, K., Sheridan, M., Jutte, D., Nuru-Jeter, A., Hinshaw, S., & Boyce, W. T. (2011). Family Socioeconomic Status and Child Executive Functions: The Roles of Language, Home Environment, and Single Parenthood. *Journal of the International Neuropsychological Society, 17*(1), 120-132. doi:10.1017/s1355617710001335

Sirin, S. R. (2005). Socioeconomic Status and Academic Achievement: A Meta-Analytic Review of Research. *Review of Educational Research, 75*(3), 417-453. doi:10.3102/00346543075003417

Soto, E. F., Kofler, M. J., Singh, L. J., Wells, E. L., Irwin, L. N., Groves, N. B., & Miller, C. E. (2020). Executive Functioning Rating Scales: Ecologically Valid or Construct Invalid? *Neuropsychology, 34*(6), 605-619. doi:10.1037/neu0000681

Spiegel, J. A., Goodrich, J. M., Morris, B. M., Osborne, C. M., & Lonigan, C. J. (2021). Relations between executive functions and academic outcomes in elementary school children: A meta-analysis. *Psychol Bull, 147*(4), 329-351. doi:10.1037/bul0000322

St Clair-Thompson, H. L., & Gathercole, S. E. (2006). Executive functions and achievements in school: Shifting, updating, inhibition, and working memory. *Quarterly Journal of Experimental Psychology, 59*(4), 745-759. doi:10.1080/17470210500162854

Tazouti, Y., & Jarlégan, A. (2016). The mediating effects of parental self-efficacy and parental involvement on the link between family socioeconomic status and children's academic achievement. *Journal of Family Studies, 25*(3), 250-266. doi:10.1080/13229400.2016.1241185

Thorell, L. B., Veleiro, A., Siu, A. F. Y., & Mohammadi, H. (2013). Examining the relation between ratings of executive functioning and academic achievement: Findings from a cross-cultural study. *Child Neuropsychology, 19*(6), 630-638. doi:10.1080/09297049.2012.727792

Waters, N. E., Ahmed, S. F., Tang, S., Morrison, F. J., & Davis-Kean, P. E. (2021). Pathways from socioeconomic status to early academic achievement: The role of specific executive functions. *Early Childhood Research Quarterly, 54*, 321-331. doi:https://doi.org/10.1016/j.ecresq.2020.09.008

Weiland, C., & Yoshikawa, H. (2013). Impacts of a Prekindergarten Program on Children's Mathematics, Language, Literacy, Executive Function, and Emotional Skills. *Child Development, 84*(6), 2112-2130. doi:10.1111/cdev.12099

Xing, X., Liu, X., & Wang, M. (2019). Parental warmth and harsh discipline as mediators of the relations between family SES and Chinese preschooler's inhibitory control. *Early Childhood Research Quarterly, 48*, 237-245. doi:10.1016/j.ecresq.2018.12.018